

PERBAIKAN KUALITAS PERMUKAAN BAJA JIS S45C HASIL PROSES *ELECTROPLATING* NIKEL PADA APLIKASI MATERIAL *CRYOGENIC*

Hairil Budiarto¹⁾, Mochammad Ahied²⁾, Mirza Pramudia³⁾

Program Studi Mekatronika, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura^{1),3)}

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura²⁾

Jl. Raya Telang PO. BOX 02, Kamal, Madura

Email: irel_unud@yahoo.com¹⁾, moch.ahied@trunojoyo.ac.id²⁾, mirza_ub@yahoo.com³⁾

ABSTRAK

Pada proses *electroplating*, nikel banyak dipergunakan sebagai logam pelapis dikarenakan mempunyai sifat yang keras, dapat dipergunakan dalam aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap temperatur tinggi, serta dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Keefektifan pelapisan logam dalam proses *electroplating* dipengaruhi oleh banyak hal, antara lain temperatur larutan, penempatan katoda, lamanya waktu pelapisan, dan lain sebagainya. Keefektifan pelapisan tersebut sangat berpengaruh pada kualitas endapan yang terbentuk pada katoda dalam hal ini adalah logam induk (substrat). Penelitian ini menggunakan parameter proses *electroplating* nikel yaitu jarak anoda-katoda, material baja JIS S45C sebagai logam induk, serta larutan *Watts* sebagai larutan elektrolitnya. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh jarak anoda-katoda terhadap ketahanan *thermal shock* dan ketahanan korosi hasil *electroplating*. Parameter jarak anoda-katoda yang digunakan sebanyak 4 variasi yaitu 3 cm, 5 cm, 7 cm, dan 9 cm. Berdasarkan hasil pengolahan data penelitian dan pembahasan didapatkan bahwa ketahanan *thermal shock* dan ketahanan korosi hasil *electroplating* mengalami peningkatan dengan semakin menurunnya jarak anoda-katoda. Berdasarkan variasi jarak anoda-katoda 3 cm, 5 cm, 7 cm, dan 9 cm diketahui bahwa perubahan jarak anoda-katoda dalam proses elektroplating mempunyai pengaruh nyata terhadap ketahanan *thermal shock* dan ketahanan korosi hasil *electroplating*.

Kata Kunci : Jarak Anoda-Katoda, Ketahanan *Thermal Shock*, Ketahanan Korosi, *Electroplating*

ABSTRACT

Nickel is widely used as metal coatings because has several benefit properties such as hardness strength, nickel can be used in high temperatures applications and increase corrosion resistance. The effectiveness of the coating metal in the electroplating process is influenced by many parameter, such as the temperature of the solution, cathode placement, time of the coating process, etc. It's greatly affect to the quality of the precipitate formed in the base metal (substrate). By taking the parameters of the nickel electroplating process was anode - cathode distance, conducted research aimed to determine the effect of the anode - cathode distance to the thermal shock resistance and corrosion resistance results by electroplating process. This study using JIS S45C steel as workpiece and Watts solution as the electrolyte. The anode - cathode distance were 3 cm, 5 cm, 7 cm, and 9 cm. Based on the results of data processing and discussion shows that thermal shock resistance and corrosion resistance increase with increasing size of the anode - cathode distance. Based on the variation of the anode - cathode distance were 3 cm, 5 cm, 7 cm, and 9 cm could be seen that the anode - cathode distance has a significant effect on thermal shock resistance and corrosion resistance.

Keywords : Anode-Cathode Distance, Thermal Shock Resistance, Corrosion Resistance, *Electroplating*

1. Pendahuluan

Electroplating nikel merupakan proses *finishing* pelapisan pada permukaan logam yang digunakan dengan tujuan pada aplikasi dekoratif, perlindungan terhadap proses oksidasi dan aplikasi pada temperatur yang sangat tinggi (*thermal shock*), serta *electroforming* [2]. Prinsip kerja dari proses *electroplating* ini adalah konsep *elektrodeposisi* yaitu dengan memindahkan ion logam pelapis dalam hal ini nikel pada logam induk/substrat [6]. Logam induk yang digunakan dapat berupa bahan logam dan non logam. Proses *electroplating* mampu membentuk beberapa lapisan logam (*multilayered coating*) dengan skala ukuran mikro [11].

Penerapan penting proses pelapisan nikel di dunia industri adalah penggunaan material hasil *electroplating* pada aplikasi material yang beroperasi pada temperatur yang sangat ekstrim [7]. Bentuk aplikasi *thermal shock* salah satunya adalah proses pelapisan nikel pada pipa baja gas alam yang beroperasi pada suhu sangat tinggi berkisar 750 °K dengan tekanan gas alam mencapai 700-1100 psig. Parameter operasi pipa tersebut tentunya beresiko untuk menyebabkan kerusakan pada bagian dalam pipa baja sehingga dapat mengakibatkan kegagalan pada sistem perpipaan [10]. Oleh sebab itu, salah satu metode yang digunakan untuk mencegah kerusakan pipa baja gas alam karena proses oksidasi dan *micro void* akibat perubahan temperatur secara mendadak adalah dengan melakukan teknik pelapisan logam.

Penelitian ini menggunakan larutan Watts sebagai elektrolit dengan komposisi NiSO_4 sebanyak 280 kg/m³, NiCl_2 sebanyak 60 kg/m³ dan Asam borat sebanyak 40 kg/m³. *Elektrodeposisi* logam yang terbentuk pada logam induk dinyatakan dengan rumus (1) [8] :

$$w = \frac{e \cdot x \cdot i \cdot t}{96.500} \quad (1)$$

Dimana :

- w = berat logam yang diendapkan (N)
- i = arus yang digunakan (ampere)
- A = berat atom (N/mol)
- Z = valensi
- t = waktu (detik)
- e = berat ekivalen

Perhitungan persentase kerusakan pada permukaan lapisan akibat proses *thermal shock* dilakukan dengan menggunakan persamaan (2) [9] :

$$\% \text{ kerusakan akibat } thermal \text{ shock} = \frac{\text{Luas permukaan yang rusak}}{\text{Luas permukaan spesimen}} \times 100 \% \quad (2)$$

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh jarak elektroda terhadap ketahanan *thermal shock* dan ketahanan korosi material JIS S45C hasil *electroplating* nikel.

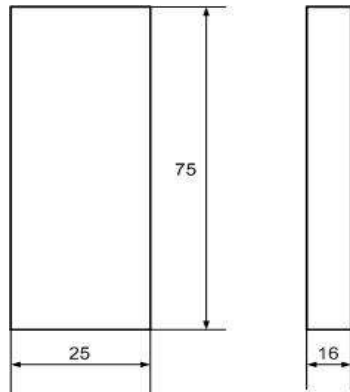
2. Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian pendukung yang berhubungan dengan ketahanan korosi dan *thermal shock* telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya adalah Irwan setiadi [12] yang meneliti tentang pengaruh konsentrasi *Copper Cyanide* (CuCN) terhadap ketahanan korosi dan *thermal shock* hasil *electroplating*. Pada penelitian tersebut menyimpulkan bahwa konsentrasi CuCN akan mengakibatkan perbedaan deposit lapisan yang dihasilkan. Semakin besar konsentrasi larutan *Copper Cyanide* (CuCN) yang digunakan dalam proses pelapisan tembaga akan mengakibatkan semakin tebal deposit logam yang digunakan sehingga akan berpengaruh terhadap ketahanan korosi dan *thermal shock* pada permukaan hasil *electroplating*. Penelitian berikutnya adalah Farisi [1] dengan bahasan tentang pengaruh temperatur dan waktu pelapisan terhadap laju korosi logam hasil pelapisan *hardchrome*.

Kesimpulan penelitian tersebut adalah kenaikan temperatur akan meningkatkan laju korosi sedangkan semakin lama waktu pelapisan akan menurunkan laju korosi. Meningkatnya temperatur larutan elektrolit akan menyebabkan perbedaan pada ketebalan deposit yang terbentuk sehingga akan berpengaruh pada ketahanan terhadap *thermal shock*.

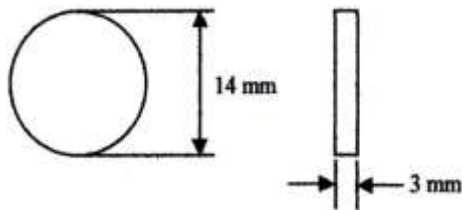
3. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini spesimen yang digunakan adalah baja JIS S45C. Bentuk dan dimensi benda kerja untuk pengujian *thermal shock* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Spesimen pengujian *thermal shock*

Pengujian korosi material hasil *electroplating* menggunakan spesimen seperti yang tampak pada Gambar 2.

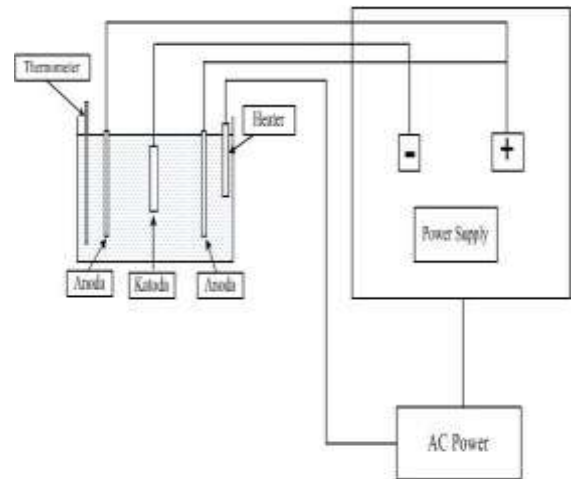


Gambar 2. Spesimen pengujian korosi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian nyata (*true experimental research*). Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Variabel bebas :
 - Jarak anoda-katoda : 3 cm, 5 cm, 7 cm, dan 9 cm
- Variabel terikat :
 - Ketahanan terhadap *thermal shock* hasil *electroplating*
 - Ketahanan korosi hasil *electroplating*
- Variabel yang dikonstantkan :
 - Waktu pelapisan yang digunakan 20 menit
 - Menggunakan *power supply* dengan arus sebesar 6,25 Ampere
 - Waktu *pickling* selama 10 detik pada larutan H_2SO_4
 - Waktu pemanasan pada saat pengujian *thermal shock* selama 60 menit.
 - Temperatur pada pengujian *thermal shock* sebesar $800\text{ }^{\circ}C (\pm 20\text{ }^{\circ}C)$.

Proses *electroplating* pada penelitian ini menggunakan dua buah elektroda positif (anoda) dan sebuah elektroda negatif (katoda) yang terhubung dengan *power supply*, ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema instalasi penelitian *electroplating*

4. Hasil Dan Pembahasan

A. Data Berat Pelapisan

Pengukuran berat lapisan yang terbentuk dengan menggunakan timbangan elektrik didapatkan data pada Tabel 1. Sedangkan pengukuran berat lapisan yang terbentuk dengan menggunakan persamaan (1) didapatkan data pada Tabel 2.

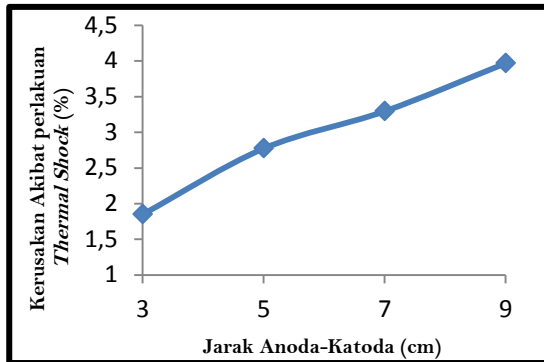
Tabel 1. Berat lapisan nikel (N)

Jarak Anoda-Katoda (cm)			
3	5	7	9
1,41	1,35	1,16	1,1
1,5	1,45	1,14	1,24
1,42	1,51	1,03	1,35
1,47	1,26	1,24	1,39

Tabel 2. Ketebalan lapisan aktual (m)

Jarak Anoda-Katoda (cm)			
3	5	7	9
$2,3 \times 10^{-3}$	$2,2 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-3}$
$2,5 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-3}$	2×10^{-3}
$2,3 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$2,2 \times 10^{-3}$
$2,4 \times 10^{-3}$	$2,1 \times 10^{-3}$	2×10^{-3}	$2,3 \times 10^{-3}$

Data Pengujian Ketahanan *Thermal Shock* Gambar 4 menunjukkan data hasil pengujian ketahanan *thermal shock* permukaan yang dihasilkan pada proses pelapisan nikel secara *electroplating*. Perhitungan persentase kerusakan pada permukaan lapisan dilakukan dengan menggunakan persamaan (2).



Gambar 3. Persentase kerusakan material hasil *electroplating* akibat perlakuan *thermal shock*

Terlihat bahwa terdapat hubungan antara jarak anoda-katoda terhadap ketahanan terhadap *thermal shock*. Hal yang dapat menjelaskan hubungan tersebut adalah adanya perubahan besar *current density*. *Current density* adalah besarnya arus listrik yang mengalir per satuan luas katoda. Besarnya *current density* yang mengalir dipengaruhi oleh konduktivitas listrik dari larutan. Konduktivitas larutan berbanding terbalik dengan resistansi larutan. Semakin jauh jarak anoda-katoda akan meningkatkan resistansi larutan sesuai dengan rumus [6] :

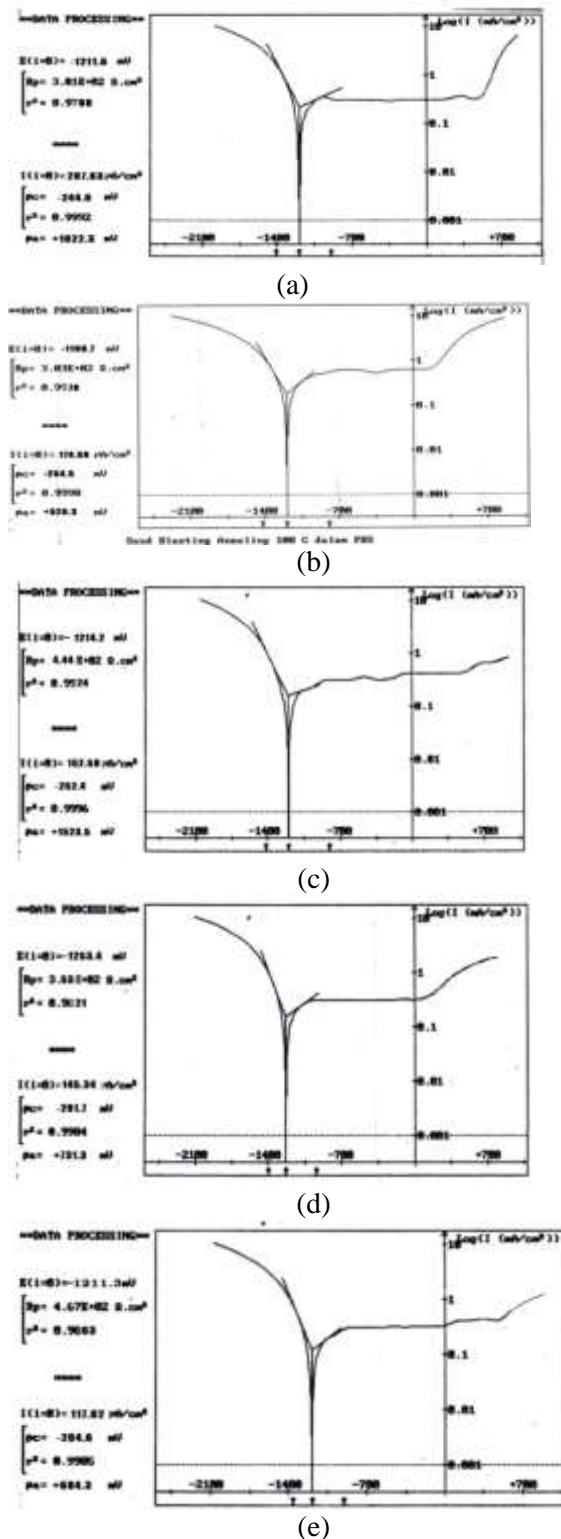
$$R = \frac{\rho \times l}{A} \quad (3)$$

Dengan :

- R = Resistansi (Ohm)
- ρ = Tahanan jenis (Ohm.m)
- l = Jarak elektroda (m)
- A = Luas permukaan (m^2)

Sehingga dengan meningkatnya resistansi larutan, konduktivitas listrik dari larutan akan menurun sehingga *current density* juga menurun. Dengan menurunnya *current density* akan mengakibatkan laju pelapisan logam makin kecil sehingga lapisan yang terbentuk juga semakin tipis. Deposit logam yang tipis akan memiliki ikatan yang rapuh dengan logam induk pada proses *electroplating*. Ikatan yang rapuh ini menyebabkan kualitas permukaan yang kurang baik sehingga persentase kerusakan yang diakibatkan *thermal shock* menjadi lebih besar.

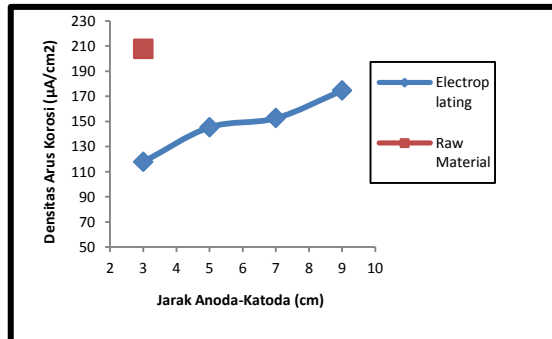
Data Pengujian Laju Korosi Material Hasil *Electroplating*. Hasil pengujian korosi pada material hasil *electroplating* nikel ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. (a) Grafik uji korosi spesimen *Raw Material* (b) Grafik uji korosi spesimen jarak anoda-katoda 3 cm (c) Grafik uji korosi spesimen jarak anoda-katoda 5 cm (d) Grafik uji korosi spesimen jarak anoda-katoda 7 cm (e) Grafik uji korosi spesimen jarak anoda-katoda 9 cm

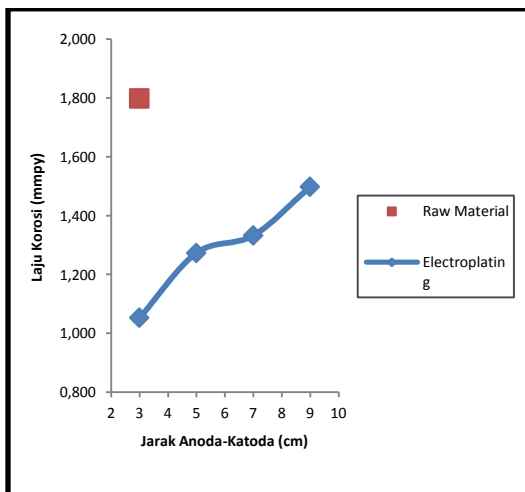
Gambar 6. menunjukkan grafik hubungan jarak anoda-katoda terhadap densitas arus korosi. Semakin lebar jarak anoda-katoda

berpengaruh pada semakin meningkatnya densitas arus korosi sehingga berakibat pada peningkatan laju korosi spesimen baja JIS S45C.



Gambar 6. Hubungan jarak anoda-katoda terhadap densitas arus korosi

Gambar 7. menunjukkan adanya peningkatan laju korosi dengan semakin meningkatnya jarak anoda-katoda pada proses *electroplating*. Hal ini disebabkan karena semakin besar jarak elektroda, maka deposit logam yang terbentuk semakin tipis sehingga daya ikat molekul antara baja JIS S45C dengan deposit nikel semakin lemah. Ikatan molekul yang lemah memungkinkan terjadinya kerusakan apabila diaplikasikan pada temperatur yang sangat ekstrim. Hal ini tentunya akan memicu reaksi oksidasi pada material sehingga dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan material [3], [5].



Gambar 7. Hubungan jarak anoda-katoda terhadap laju korosi

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai pengaruh variasi temperatur larutan elektrolit dan jarak anoda-katoda terhadap ketahanan *thermal*

shock hasil *electroplating* dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Keefektifan pelapisan logam dalam proses *electroplating* salah satunya dipengaruhi oleh penempatan anoda-katoda yang berpengaruh terhadap ketebalan dan homogenitas lapisan yang terbentuk
2. Semakin besar jarak anoda-katoda, kerusakan akibat *thermal shock* permukaan hasil *electroplating* mengalami peningkatan dengan variasi jarak mulai dari 3 cm hingga 9 cm.
3. Persentase kerusakan akibat *thermal shock* tertinggi dicapai pada jarak anoda-katoda 9 cm dengan rata-rata sebesar 3,97 %
4. Semakin lebar jarak anoda-katoda berpengaruh pada semakin meningkatnya densitas arus korosi sehingga berakibat pada peningkatan laju korosi spesimen baja JIS S45C.

Daftar Pustaka

- [1] Al Farisi, Salman. [2004]. *Pengaruh temperatur dan waktu pelapisan terhadap laju korosi pada proses pelapisan Hard Chrome*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Universitas Brawijaya.
- [2] ASM Metal Handbook. [2010]. New York : Mc. Graw Hill
- [3] Chamberlain, J dan K.R. Trethewey. [2010], *Korosi Untuk Mahasiswa Dan Rekayasawan*. Jakarta : Gramedia.
- [4] D. Ivanova, L. Fachikov. [2007], "Phospating of Cold Galvanized Carbon Steel": Vol. 42 No. 2 h 159 – 162.
- [5] Fontana, Mars G. [2009], *Corrosion Engineering*, Singapore: Mc Graw Hill Book.
- [6] GT Burstein. [2006], *Materials Science and Metallurgy*. Universty of Cambridge.
- [7] Harput, Selcuk. [2010]. "Fields of Application of Nickel Plated Copper Conductor", *Journal of Material Engineering*.

- [8] Hartomo, Anton, J. [2009]. *Mengenal Pelapisan Logam*. Yogyakarta : Andi Offset.
- [9] Luping, Wang., Hongtao, Liu. [2010]. *Microstructure and Friction and Wear Behaviours of The Low Temperature Iron Electroplated Titanium Alloy*
- [10] Nasser Kanani. [2006], *Electroplating Basic Principles, Process and Practice*, Publisher Elsevier Ltd.
- [11] OM Group, Inc. [2012]. *Nickel Plating Handbook*. New York : New York Stock Exchange (OMG)
- [12] Setiadji, Irwan K. [2006], “Pengaruh Konsentrasi *Copper Cyanide* (CuCn) terhadap Ketahanan Korosi dan *Thermal Shock* Hasil Elektroplating”. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.